por M. en C. Gabriel Origel Gutiérrez, M. en C. Jonatan Omar González Moren y Geog. Efraín García Celis

T A L L E R

Percepción Remota aplicada a la Exploración Geológico – Minera con imágenes del satélite TERRA - ASTER

Introducción

Las imágenes del sensor Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) a bordo del satélite TERRA cuentan con gran potencial para aplicaciones de exploración geológico minera, debido principalmente a las características únicas en el diseño del sensor, así como al bajo costo en su comercialización. Este sensor espacial es único en contar con tres subsistemas del espectro electromagnético para captura de imágenes.

Las imágenes ASTER tienen una cobertura de 60x60 kilómetros, sin embargo, no se limita a 4 ó 7 bandas espectrales. El sensor ASTER genera imágenes en tres diferentes resoluciones con 14 bandas que están distribuidas en las principales ventanas del espectro electromagnético, las cuales permiten estratégicamente la percepción remota terrestre, comprendiendo así partes en el rango del visible (VIS) - infrarrojo cercano (NIR), infrarrojo de Onda Corta (SWIR) e infrarrojo térmico (TIR). Esta característica sitúa mejor a éste sensor comparado con el Enhance Thematic Mapper (ETM) instalado en el satélite de observación de recursos naturales Landsat 7, que únicamente cuenta con 8 bandas.

Por lo anterior las imágenes ASTER se están utilizando ampliamente en proyectos de interés geológico minero.

La resolución espacial del ASTER es de 15 metros en las bandas del VIS y del NIR, 30 metros en las bandas del MIR y 90 metros en las bandas del TIR.

El sensor ASTER cuenta con una banda extra en el NIR (banda 3B), capturada de manera simultánea utilizando un telescopio con diferente ángulo de inclinación, de tal forma que permite la obtención de pares estereoscópicos a lo largo de una misma órbita. Esta característica hace posible la generación de modelos digitales de elevación (DEM).

El costo por cada escena ASTER resulta mucho más económico que los datos de otros sensores satelitales.

Además de las imágenes ASTER, se pueden derivar otros productos tales como: Modelos Digitales de Elevación (30 metros), ortoimágenes, así como imágenes calibradas radiométricamente (radiancia, emitancia y temperatura).

Objetivo

Brindar a los participantes los elementos necesarios para utilizar las imágenes ASTER en sus proyectos de exploración, en particular sobre su procesamiento para extraer información geológica, con énfasis en la exploración minera. Al finalizar el curso los participantes analizarán y aplicarán las funciones especializadas del software ENVI en una metodología integral para la exploración y la cartografía geológico – minera.

Perfil del participante

Este curso está dirigido a profesionales en ciencias de la tierra involucrados en la exploración geológico-minera. Los participantes deberán tener conocimientos en computación y Sistema Operativo Windows. Contar con conocimientos en geología estructural, mineralogía y tipos de alteraciones de diversos yacimientos minerales.

Características del curso

Está dirigido a los técnicos, profesionales y tomadores de decisiones involucrados en la exploración geológico minera. Se diseñó de manera integral, a partir de la experiencia de los autores, como consultores e instructores en esta materia. El taller parte de conceptos básicos, pero por su especificidad pronto adquiere un nivel intermedio, el cual evoluciona y aborda tópicos avanzados, así como de actualidad. La estructura del curso se especializa en el análisis detallado de las diferentes técnicas del procesamiento digital de imágenes ASTER, incluyendo los algoritmos de tratamiento de las bandas ópticas y térmicas, así como la integración de otros datos espaciales que han mostrado su

© Derechos Reservados. Todos los derechos reservados por Gabriel Origel Gutiérrez, Jonatan Omar González Moreno y Efrain García Celsis, 1997-2008. Ninguna parte de este programa de contenidos puede ser reproducida sin premiso previo y por escrito de los propietarios de derechos de autor.

aplicación en la exploración minera (ver temario completo al final del texto). Tiene una duración de 70 horas, divididas en 9 sesiones de 8 horas, con 40 % de teoría y 60 % de práctica. El curso está dirigido a un grupo mínimo de 8 y máximo de 25 participantes.

Los asistentes del taller recibirán

1.- Capacitación de 70 hrs. Con ejercicios y aplicaciones de tecnologías SIG y PR.
2.- Casos prácticos, con información digital georreferenciada, imágenes de satélite de algún Municipio de Sonora.
3.- Recibirán carpeta que contendrá Material Impreso, manual técnico, guión de prácticas y artículos relacionados, Material Digital (DVD), Trial del Software **ENVI 4.5 y ArcGis 9.2,** ocupados en el Taller.
4.- Al finalizar del curso se entregará un **Certificado** a las personas que acrediten 80% de asistencia al mismo.

Los asistentes deberán presentarse

Con computadora personal para la práctica, que debe tener las características siguientes:

	Configuración Mínima	Configuración Óptima
Procesador	Intel o AMD x86 32-bit Intel/AMD x86_64 64-bit	Intel / AMD Dual o Quad Core
RAM	1 GB	2 GB
HD (espacio libre)	40 GB	40 GB
Sistema Operativo	Windows XP SP 3	Windows XP SP 3 / Vista.
Tarjeta de Red	Si	Si
Lector de CD Y/O DVD	DVD	DVD

Los programas pre-instalados en cada computadora deberán ser los siguientes:
- Descompresor Winzip o WinRAR
- Explorador de páginas web (Internet Explorer o FireFox)
- Adobe Reader 7
- Microsoft Office

Organización del curso

- El curso esta organizado por el Centro Geomático del Noroeste (CEGENOR) de la carrera de Geociencias del CESUES, responsables Geóg. Carlos Alejandro Pérez García y M.C. Adrián Sergio Salgado Souto.
- El curso será impartido los días 1-4 y 6-10 de julio de 2009, con un horario de 9 a 18 hrs (una hora de comida).

Costo del curso

• $20,000.00 pesos para profesionistas provenientes de la iniciativa privada, del gobierno federal, estatal y organizaciones no gubernamentales.

Forma de pago

Deberá realizarse el pago en el Banco **Santander Serfin** a la cuenta **6550152836-9**. A nombre de **Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES)**. La ficha de depósito deberá ser escaneada (incluyendo el anverso si ahí se encuentra el sello y firma de caja) y enviada a la dirección: cegenor@cesues.mx a vuelta de correo se confirmara la inscripción.

Lugar

Aula de Auto Acceso 1, del CESUES. En Ley Federal del Trabajo e Israel González. Col. Apolo. Hermosillo, Sonora. TEL. 662-2153778, ext 109.

© Derechos Reservados. Todos los derechos reservados por Gabriel Origel Gutiérrez, Jonatan Omar González Moreno y Efrain García Celsis, 1997-2008. Ninguna parte de este programa de contenidos puede ser reproducida sin premiso previo y por escrito de los propietarios de derechos de autor.

Instructores

M.C. Gabriel Origel Gutiérrez

Tiene el ítulo de Licenciado en Geografía, el grado de Maestro en Ciencias de la Tierra (Exploración) y es candidato a Doctor. Sus estudios los ha realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde también es académico, responsable del Laboratorio de Geoinformática del Centro de Geociencias. Cuenta con 15 años de experiencia en la aplicación de las tecnologías geoinformáticas en estudios de Ciencias de la Tierra y medio ambiente, así como docente a nivel licenciatura y postgrado. Se ha especializado en la aplicación de la percepción remota a la exploración minera. También ha sido instructor oficial del *software* ENVI en México y ha tomado cursos avanzados de este programa en **ITT Visual Information Solutions** (los actuales desarrolladores de ENVI).

M.C. Jonatan Omar González Moreno

Licenciado en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), cuenta con la maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, por la Universidad de Girona, en Cataluña, España. Egresado del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota, del Colegio de Geografía de la UNAM. Actualmente labora desde hace más de 5 años en el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), brazo tecnológico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal. Se especializa en el Manejo, Procesamiento, Desarrollo e Interpretación de Información Geográfica Georreferenciada, para la planeación y ejecución de diversos proyectos a nivel federal, para la toma de decisiones para una propuesta final. Uso y programación de GPS con el software Arc Pad vr.7, así como el uso de diferentes Sistemas de Información Geográfica.

Geóg. Efraín García Celis

Licenciado en Geografía por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Egresado del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota, del Colegio de Geografía de la UNAM. Actualmente labora como Subgerente en Geomática en AGROASEMEX S.A. organismos gubernamental, dependiente de la Secretaría de Hacienda y Credito Público (SHCP), Institución nacional de seguros que tiene como misión proteger el patrimonio y la capacidad productiva del sector rural del país.

© Derechos Reservados. Todos los derechos reservados por Gabriel Origel Gutiérrez, Jonatan Omar González Moreno y Efrain García Celsis, 1997-2008. Ninguna parte de este programa de contenidos puede ser reproducida sin premiso previo y por escrito de los propietarios de derechos de autor.

Contenido del curso

Tema 1. LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICO MINERA A TRAVÉS DE IMÁGENES

- Qué es la Percepción Remota.
- Usos y abusos de la percepción remota en geología.
- Porqué el uso de imágenes de satélite no requiere ningún permiso, o trámite para iniciar la exploración.
- ¿Mi zona está cubierta por vegetación qué puedo hacer?
- Explora primero con imágenes y denuncia después.
- ¿Qué se está buscando y tiempo disponible?
- ¿Qué interesa explorar: mineral, grupo mineralógico, alteraciones o integral?
- Definir si hay interés en productos para foto-interpretar y trabajo de campo.
- Definir si hay conocimiento previo o antecedentes (minas, muestras, geoquímica, otro).
- ¿Cómo seleccionar a los consultores en el procesamiento de imágenes?
- Alcances reales de la exploración geológico–minera por imágenes de satélite con diversos sensores remotos.
- Aplicaciones generales de los principales sensores remotos disponibles para la exploración geológico minera (Landsat, ASTER, ALOS, SPOT, Quickbird y Hyperion).

Tema 2. CONCEPTOS TEÓRICOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA

- Repaso de los fundamentos de la Percepción Remota (VIS-NIR, SWIR, TIR).
- Firmas Espectrales de Minerales de Interés.
- Firmas espectrales obtenidas con equipo de laboratorio y campo.
- Imagen Digital y Procesamiento Digital de Imágenes.
- Análisis de Firmas Espectrales.
- Espectrometría de Imágenes.

Tema 3. EL SENSOR ASTER

- Características generales del satélite TERRA.
- Características del sensor espacial ASTER.
- ¿Por qué el procesamiento de imágenes ASTER es idóneo para la exploración?
- Formatos de las imágenes ASTER: HDF-EOS y CEOS.
- Descripción y derivación productos ASTER disponibles (1a, 1b, 2,3).
- Proveedores y Adquisición de datos y Productos ASTER.

Tema 4. VISUALIZACIÓN Y PROCESAMIENTO BÁSICO DE DATOS ASTER CON EL SOFTWARE ENVI D2.2

- Apertura e importación de archivos HDF.
- Obtención de información de las bandas (Metadatos).
- Visualización mono banda en tonos de grises y con paletas de color.
- Manejo de las ventanas de ENVI: Scroll, Image y Zoom.
- Realce y ajustes del histograma de una imagen.
- Visualización multibanda a Color RGB y manejo de los canales RGB.
- Falso Color 321 ASTER.
- Identificación visual en Pares de Bandas usando la técnica Rojo y Verde.
- Obtención de los parámetros de calibración radiométrica.
- Generación de mosaicos y el balanceo de imágenes ASTER.

Tema 5. INTRODUCCION A LAS TECNOLOGÍAS GEOMÁTICAS

- Introducción al mundo de la Geomática.
- Productos ESRI, Software de ArcGIS y sus componentes.
- Familiarización con el ambiente de trabajo.
- Bases de Datos Espaciales.
- Coordenadas Geográficas y Proyecciones cartográficas.

© Derechos Reservados. Todos los derechos reservados por Gabriel Origel Gutiérrez, Jonatan Omar González Moreno y Efrain García Celsis, 1997-2008. Ninguna parte de este programa de contenidos puede ser reproducida sin premiso previo y por escrito de los propietarios de derechos de autor.

Tema 6. TRABAJANDO CON RASTERS EN ArcGIS

- Visualizar un GeoTiff.
- Imagen de Satélite.
- Modelo Digital de Elevaciones.
- Spatial Analyst.
- Visualización Tridimensional del Terreno (ArcScene).
- Ejercicio con Grid´s.

Tema 7. INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS GEOINFORMATICAS

- 3D Analyst.
- Georreferencia de Imágenes.
- Integración de datos GPS (puntos de control).
- Shp 2 KLM.
- Ejercicio con Google Earth.

Tema 8. ANALISIS ESPACIAL

- Distancias, Áreas, Segmentación y Buffers.
- Selección, Unión, Filtros.
- Edición.
- Ejercicio vectorial.

Tema 9. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GEOFÍSICOS

- Preproceso: Calibración radiométrica (radiancia y reflectancia).
- Preproceso: Corrección Atmosférica Infrarrojo Térmico.
- Emitancia y Temperatura Superficial.
- DEM con Altitud Relativa o Absoluta.

Tema 10. GEORREFERENCIA DE DATOS ASTER Y CREACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN

- Parámetros orbitales o de navegación (Exploración de Metadatos).
- Ortorrectificación con SILCAST.
- Procesamiento de DEM para el Sombreado del Relieve.
- Procesamiento de DEM para Filtros direccionales.
- Procesamiento de DEM para la Visualización en 3D y Vuelos virtuales.

Tema 11. ELEMENTOS GEOCIENTÍFICOS PARA LA INTERPRETACIÓN Y EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE

- a) Modelos de Yacimientos y su Mineralización.
- b) Técnicas y filtros para identificación de estructuras.
- c) Técnicas para realce de unidades litológicas y minerales de alteración.

Tema 12. EXPLORACIÓN EXPRESS CON DATOS ASTER NO CALIBRADOS

- Interpretación de diversos Compuestos a Color RGB ASTER en geología.
- Enmascarar zonas sin interés: Vegetación, agua, áreas urbanas, etc.
- Mejorando la combinación RGB con *Decorrelation Stretch*.
- Cómo reducir la respuesta espectral de la Vegetación en áreas mineralizadas.
- Cocientes de bandas en geología e índices de realce espectral.
- Óxidos de Hierro (Óxido Ferroso y Óxido Férrico).
- Cuarzo.
- Inversa del Sílice (I_SIO_3).
- Carbonatos.
- Alunita, kaolinita y calcita (Yamaguchi y Naito, 2003).
- Cocientes y operadores lógicos para: Alteración Argílica y Fílica.
- Componentes principales y sus variantes.
- Adaptación de la técnica Crosta aplicada a datos ASTER: Alunita, Kaolinita, Esmectita, Ilita, etc.

© Derechos Reservados. Todos los derechos reservados por Gabriel Origel Gutiérrez, Jonatan Omar González Moreno y Efrain García Celsis, 1997-2008. Ninguna parte de este programa de contenidos puede ser reproducida sin premiso previo y por escrito de los propietarios de derechos de autor.

- Compuestos a color RGB usando cocientes, índices, componentes principales.

Tema 13. POSIBLES PRODUCTOS DERIVADOS DE ASTER OFRECIDOS PARA LA EXPLORACIÓN GEOLÓGICO-MINERA

- Espaciomapa con cartografía de blancos de exploración (digital o impreso).
- Archivos vectoriales SHP de la factibilidad para cada mineral o grupo.
- Archivos vectoriales SHP de cada mineral o grupo y por cada método.
- Archivos vectoriales SHP de las anomalías térmicas o puntos calientes.
- Archivo vector SHP con los rasgos estructurales detectados o interpretados.
- Imagen en grises de cada mineral o grupo, o temperatura en superficie.
- Imagen en grises realzando las principales estructuras (formato GEOTIF).
- Imagen a color mostrando las alteraciones y/o minerales detectados (formatos GEOTIF/JPG/JPG2000).
- Imágenes de compuestos a color con respuesta espectral de la vegetación digitalmente reducida y/o decorrelacionados RGB = 631, 321, otros para fotointerpretar (formatos GEOTIF/JPG/ECW).
- Archivos digitales de imagen ASTER ortorrectificada con 15 bandas por escena en alguno de los siguientes formatos: GEOTIF, ENVI, ERMAPPER.
- Archivo imagen ASTER nivel 1A en formato HDF.
- Modelo Digital de Elevaciones ASTER (GEOTIF).
- Archivo de Altimetría a color (formatos GEOTIF/JPG/JPEG2000).
- Archivo de Relieve sombreado NE y NW (en grises, formato GEOTIF).
- Fusión de Altimetría con relieve sombreado NE y NW a color (Hillshade), formatos GEOTIF/JPG/JPEG2000.
- Visualizaciones en bloque diagramático simulando 3D.
- Otros: Fusiones con otras imágenes de resolución submétrica, cartografía geológica, y/o datos geofísicos o geoquímicos del SGM, INEGI, USGS, etc.

Tema 14. EXPLORACIÓN CON DATOS ASTER CALIBRADOS (RADIANCIA, REFLECTANCIA, EMITANCIA Y TEMPERATURA SUPERFICIAL) D5.1

- Mapeo de anomalías térmicas y uso de la herramienta *RX Anomaly Detection*.
- Técnicas de Clasificación de datos hiper-espectrales adaptadas a ASTER.
- Diagramas Bivariados y selección de Regiones de Interés.
- Reducción de Bandas Rotación MNF.
- Reducción de datos espaciales (PPI).
- Identificación de Miembros puros y Visualización multidimensional (n-D).
- Endmembers e Identificación de minerales con el *Spectral Analyst*.
- Mapeo con el Asistente *Spectral Hourglass*, el clasificador *Spectral Angle* Mapper (SAM) y las librerías del USGS adaptadas a ASTER.

Tema 15. TÉCNICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS DE EXPLORACIÓN

- Componentes principales dirigido y usando pares.
- Segmentación con estadísticas, regiones y máscaras de valores umbrales.
- Análisis Espacial de sobre posición raster y/o vector.

Tema 16. TÉCNICAS PARA LACARTOGRAFÍA DE BLANCOS DE EXPLORACIÓN

- Resultados en Color RGB.
- Técnicas de Fusión con datos multiresolución.
- Exportación de Imágenes Georreferenciadas en GeoTIFF, JPG2000, JPG con World file
- Exportación a vectores.
- Elementos de Diseño Cartográfico: Leyenda, Escalas, Titulo, Cuadro, Coordenadas, etc.

GEÓG. CARLOS ALEJANDRO PÉREZ GARCÍA
RESPONSABLE DEL CENTRO GEOMÁTICO DEL NOROESTE

© Derechos Reservados. Todos los derechos reservados por Gabriel Origel Gutiérrez, Jonatan Omar González Moreno y Efrain García Celsis, 1997-2008. Ninguna parte de este programa de contenidos puede ser reproducida sin premiso previo y por escrito de los propietarios de derechos de autor.